



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Santeri Hyvönen

# Pientalon lattiaviilennys maalämpö- pumppuun integroidulla jäähdytyksen lämmönsiirtimellä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

28.5.2020

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Santeri Hyvönen Pientalon lattiaviilennys maalämpöpumppuun integroidulla jäähdytyksen lämmönsiirtimellä 27 sivua + 4 liitettä 28.5.2020
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	LVI-insinööri
Ammatillinen pääaine	LVI-urakointi
Ohjaajat	Aki Valkeapää
<p>Tässä insinöörityössä käydään läpi pientalon lattiaviilennyksen toteuttaminen maalämpöpumppuun integroidulla jäähdytyksen lämmönsiirtimellä, sekä vertaillaan muita tapoja toteuttaa jäähdytys maalämmön yhteyteen pientalossa.</p> <p>Työn tarkastelun kohde oli Espooseen 2020 valmistuva omakotitalo, jossa tarkasteltiin uuden omakotitalon LVI-tekniikan rakentamista nykytalon vaatimuksia vastaavaksi kustannustehokkuus ja tilankäyttö etusijalla.</p> <p>Kohteen teknisentilan mitoitus on talotehtaan vakiomitta, joka on suunniteltu ainoastaan välttämättömille LVI-laitteille. Työssä vertailtiin eri jäähdytys ratkaisuiden tilankäyttöä ja mahdollisuutta sijoittaa niitä rajallisiin asennus tiloihin.</p> <p>Työssä todettiin, että maalämpöpumpun ja lattiaviilennyksen yhdistäminen on kustannustehokas ja toimiva tapa toteuttaa pientalon lämmitys/viilennys tarpeet. Integroidulla lämmönsiirtimellä varustettu vaihtoehto oli kustannustehokkuudeltaan, sekä tilankäytöltään vaihtoehtoista järkevin.</p> <p>Erillisellä jäähdytyksen lämmönsiirtimellä varustellulla versiolla oli taas parhaimmat laajennus mahdollisuudet ja säädettävyys, mutta kustannuksiltaan ja tilankäytöltään se oli vertailussa heikompi.</p>	
Avainsanat	lattiaviilennys, lattijäähdytys, passiivijäähdytys

Author Title Number of Pages Date	Santeri Hyvönen Floor Cooling in Detached House with Ground Source Heat Pump with Integrated Heat Exchanger 27 pages + 4 appendices 28 May 2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Professional Major	HVAC Contracting
Instructor	Aki Valkeapää
<p>The purpose of this thesis was to study floor cooling in a detached house, executed with an integrated heat exchanger in the ground source heat pump, and to compare this with other options of cooling with ground source heat pump.</p> <p>The final year project studied a new detached house in Espoo. Heating and cooling options fulfilling the increasing demands of detached houses were compared. Especially the cost-efficiency and space utilization were looked at in the comparison. The project studied designs where heating and cooling equipment would fit new detached houses even when there is no separate technical room for the equipment.</p> <p>The project concluded that a ground source heat pump with floor cooling is an efficient way to produce both heating and cooling for a detached house. The most efficient solution for cooling in space utilization and cost-efficiency was a ground source heat pump with an integrated heat exchanger. A detached passive cooling module, on the other hand, offered more options to expand the system in the future, and it was easier to adjust, but the installation took more room, and it was more expensive.</p> <p>The thesis can be used as source material when designing heating and cooling for detached houses.</p>	
Keywords	floor cooling, passive cooling

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Maalämmön yhteyteen toteutettu viilennys	3
2.1	Maalämmön yhteyteen toteutetun viilennyksen toiminnankuvaus	3
2.2	Lattiaviilennys	5
2.2.1	Lattiaviilennys maalämpöpumppuun integroidulla lämmönsiirtimellä	6
2.2.2	Lattiaviilennys erillisellä lämmönsiirtimellä ja pumppuryhmällä	9
2.3	Puhallinkonvektori viilennys	11
2.4	Tuloilmapatteriviilennys	12
3	Viilennysvaihtoehtojen vertailu	12
3.1	Integroitu lattiaviilennys	13
3.2	Erillinen lattiaviilennyksen pumppu/vaihdinryhmä	14
3.3	Puhallinkonvektori viilennys	15
3.4	Tuloilmaviilennys	18
4	Yhteenveto	20
4.1	Lattiaviilennys + tuloilmaviilennys	20
4.2	Lattiaviilennys	21
4.3	Lattiaviilennys + konvektori viilennys	22
4.4	Puhallinkonvektori viilennys	23
4.5	Tuloilma viilennys	24
	Lähteet	28

## Liitteet

Liite 1. Lämpötilan ja suhteellisen kosteuden vaikutus mukavuuteen

Liite 2. Helletilastot 2018

Liite 3. Helteet

Liite 4. Pisimmät hellejaksot

## Lyhenteet

MLP      Groud source pump, Maalämpöpumppu

PC      Passive cooling, Passiivinen viilennys

## 1 Johdanto

Tämän insinööriyön tavoitteena oli vertailla ja toteuttaa maalämpöä hyödyntäviä jäähdytys ratkaisuita pientalo käyttöön Suomessa. Energiatehokkuusvaatimusten tiukentuminen rakentamisessa on tuonut mukanaan uuden ongelman, joka tulee esiin lämmityskauden loppuessa. Auringon paistaessa sisään suurista ikkunoista, alkaa talo yli lämmetä ja nykytalojen eristysten ja tiiveyden ollessa huippuluokkaa ei tämä lämpökuorma pääse ulos talosta Tällöin tarvitaan koneellista jäähdytystä. Liitteessä 2 kuvattu 2018 hellehuippuja. (Liite 2)

Pohjoismaissa on asumiskiinteistöissä totuttu keskittymään ainoastaan lämmitykseen, jättäen jäähdytys toissijaiseksi hienoudeksi. Kuitenkin muuttuneiden ilmasto olosuhteiden ja parantuneiden eristysarvojen vuoksi on koneellinen jäähdytys otettu suunnitteluun mukaan jo projektin alkuvaiheessa. Toimivaa jäähdytysratkaisua edeltää monet muut rakentamisessa tapahtuvat toimenpiteet, kuten materiaalivalinnat ja mahdolliset tilavauheet. Näin ollen on suositeltavaa hoitaa jäähdytyksen toteutus jo rakennusvaiheessa, mutta mikäli kyseessä on vanha kiinteistö, on myöhemmänä lueteltu jälkikäteen asennettavissa olevia jäähdytysratkaisuita.

Kesä kautena pidetään Touko-elokuun välistä ajanjaksoa. Tällä tarkasteluvälillä on nähty pisimmillään 25vrk:n yhtämittainen hellejakso (liite 4), jolloin uusien pientalojen ja varsinkin passiivi- sekä nollaenergiarakennusten jäähdytyksen tarve oli pahimmillaan ja sisäilmaolosuhteet muuttuivat todella tukaliksi ilman viilennystä.

Kohde johon työ tehtiin, oli 2020 Espooseen valmistuva omakotitalo. Talossa oli 250 m<sup>2</sup> lämmitettävää nettoalaa, joista 150 m<sup>2</sup> oli jäähdytettävää. Järjestelmän jäähdytystehontarpeita kartoitettaessa kävi nopeasti selväksi, että kohteen lämmitys ja jäähdytys tulitaisiin toteuttamaan maalämmöllä, sekä siihen yhdistetyllä jäähdytyksellä.

Talon suunnitteluvaiheessa tehtiin tiiviisti yhteistyötä jäähdytysvalmistajien kanssa ja selvitettiin erilaisia jäähdytysmahdollisuuksia. Eri jäähdytysmahdollisuuksia on monia, mutta kohteeseen valikoitui lattiaviilennys maalämpöpumppuun integroidulla jäähdytyksen lämmönsiirtimellä. Tämä on melko vähän käytetty, mutta hyvin kustannustehokas

jäähdytys sovellus uusiin lattialämmitettäviin pientaloihin. Työssä käydään läpi myös kaikki muut yleisimmät, pientaloihin sopivat ja maalämmön kanssa yhdessä toimivat jäähdytys sovellukset, joita tutkittiin ennen lattiaviilennyksen valikoitumista.

Työssä painoarvoina olivat järjestelmän kustannustehokkuus, käyttömukavuus ja sijoitus mahdollisuus nykyajan pientaloihin, joissa varsinaista lämmönjakohuonetta ei tilojen pienenä takia ole mahdollista toteuttaa. Suunnittelussa ajateltiin myös sitä, että kohteen lvi-tekniinen laitteisto ja kytkennät olisivat mahdollisimman helposti monistettavissa pientalo teollisuuteen ja näin ollen rakennuttajille saataisiin tarvikelistaus ja tilavaraukset ilmoitettua jo suunnitteluvaiheessa.

Lattiaviilennyksestä on tehty käyttötutkimuksia aikaisemmin, mutta tietoa viilennyksen toteuttamisesta maalämpöpumpun sisäisellä jäähdytyksen lämmönsiirtimellä ei löytynyt. Kyseinen jäähdytys toteutettiin yhteistyössä NIBE:n kanssa, joka toimitti kohteen F1255PC (pc= passiivi jäähdytys) lämpöpumpun heidän maalämpöpumppu mallistostaan. Kohteen kaikki LVI-ratkaisut (lämmitys, jäähdytys, lämmin käyttövesi ja ilmastointi) toteutettiin NIBE:n tuotteilla, jolloin kaikki saatiin saman automatiikan taakse ja toimimaan maalämpöpumpun ohjauspaneelilta, sekä puhelimeen ladattavasta sovelluksesta.

Kohteen LVI-urakoitsija sekä NIBE tavarantoimittajana tekivät tiivistä yhteistyötä ja kehittivät maalämpöpumpun yhteyteen tulevia laitteistoja sekä komponentteja, jotta markkinoille saataisiin mahdollisimman asennus- ja käyttäjäystävällisiä tuotteita.

Tämän selvitystyön avulla kuluttajan pitäisi pystyä valitsemaan kohteeseensa oikea viilennysratkaisu, perustuen kiinteistön- ja eri viilennysratkaisujen ominaisuuksiin ja rajoitteisiin.

## **2 Maalämmön yhteyteen toteutettu viilennys**

Tässä luvussa esitellään maalämpöpumpun yhteyteen toteutettavia viilennys vaihtoehtoja ja niiden toimintaa. Seuraavissa luvuissa käydään läpi yksityiskohtaisemmin järjestelmien kytkentä, komponentit sekä muut valittavissa olevat jäähdytysratkaisut.



## 2.1 Maalämpöpumpun yhteyteen toteutetun viilennyksen toiminnankuvaus

Maalämpöjärjestelmä luo energiansa maasta saatavalla lämmöllä, joka siirretään maalämpöpumpulle pintamaassa tai kaivossa kiertävää lämmönsiirtonestettä käyttäen. Lämmönsiirtonesteenä toimii 30% etanoliliuos nesteen jäätymättömyyden takaamiseksi. Maasta tuleva neste johdetaan höyrystimelle, jossa se luovuttaa lämpöä ja neste palaa jäähtyneenä takaisin maahan ja lähtee keräämään lisää lämpöä maaperästä. Lämmönsiirtonesteen lämpötilat ovat normaalisti +4 ja -4 asteen välissä, riippuen keruupiirin ja pumpun mitoituksista. Ja juuri tästä syystä on nesteen oltava jäätymätön.



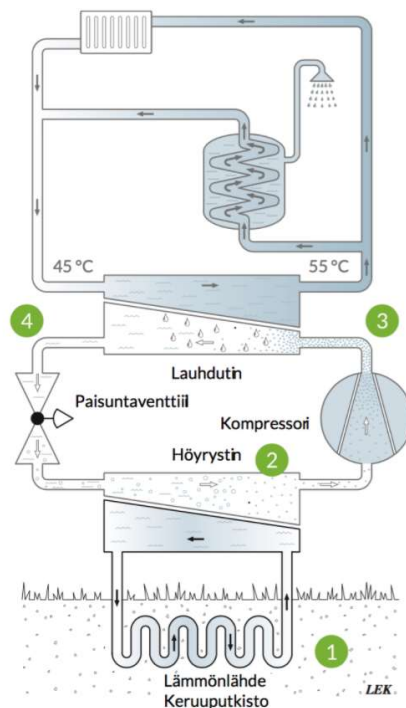
Kuva 1. Kuvassa maakylmän toiminnan kuvaus (1, s.28)

Maalämpöpumpun yhteydessä oleva jäähdytysjärjestelmä hyödyntää tätä viileää keruupiirin nestettä, viilentämällä kiinteistöä erilaisia lämmönsiirtimiä hyväksikäyttäen. Jäähdytysjärjestelmä myös nostaa keruupiirissä kiertävän nesteen lämpötilaa ja parantaa

näin lämpöpumpun hyötysuhdetta. Tästä syystä tämä jäähdytysmuoto onkin saanut lisänimen "ilmaiskylmä".

Maaviilennyksen käyttökustannukset muodostuvat ainoastaan jäähdytyksen kiertovesipumpun ja mahdollisen konvektorin puhaltimen käyttämästä sähköenergiasta. Jäähdytyksen vaikutus samanaikaisesti tehtävään käyttöveden lämmitykseen taas kompensoi käytetyn energian määrää.

Miellyttävä sisäilma on yhtä lailla yhteydessä huoneiston suhteelliseen kosteuteen, kuin lämpötilaankin. Suhteellisen kosteuden kasvaessa on lämpötila oltava matalampi miellyttävän sisäilman saavuttamiseksi. (Liite 1)



Kuva 2. Maalämmön toiminnankuvaus (2, s.28)

## 2.2 Lattiaviilennys

Lattiaviilennys on energiatehokas tapa hoitaa uusien rakennusten yllämpenemiseen liittyviä ongelmia. Lattiaviilennyksen energiataloudellisuus, vedottomuus ja mahdollisuus jäähdyttää tiloja hallitusti ovat sen ehdottomia etuja. Lattiaviilennyksen teho perustuu suureen viilentävään pinta-alaan ja pieneen lämpötilaeroon huonelämpöön verrattuna. (3, s.28)

Vesikiertoista lattiaviilennystä voidaan käyttää betonirakenteisessa lattiassa sekä kipsivaluissa. Järjestelmä on mahdollista myös lisätä jälkeempäin lattialämmitykseen, mikäli lämmönlähteenä on maalämpö tai jokin muu viileää vettä tarjoava laite. Pelko liian viileistä latioista on aiheeton pienien lämpötilaerojen vuoksi ja lattia ei pääse liian kylmäksi jäähdytyksen ohjauksen pitäessä siitä huolen. Äkillisiä lämmönvaihteluita ei pääse tapahtumaan varaavan betonilaatan vuoksi.

Lattiaviilennyksen säätökäyrä asetetaan talokohtaisesti, jonka jälkeen järjestelmän annetaan toimia oman automatiikkansa varassa. Jäähdytyksen teho perustuu suureen pinta-alaan ja varaavaan laattaan, jotka eivät tottele hetkessä eikä äkillistä jäähdytystä ole mahdollista toteuttaa. Muissa jäähdytys muodoissa jäähdytys kytketään päälle lähes poikkeuksetta silloin, kun käyttäjä on jo todennut huoneiston lämmenneen liikaa, lattiaviilennyksen keskittyessä ennakointiin ja huoneiston mukavan lämpötilan ylläpitoon automatiikan avulla.

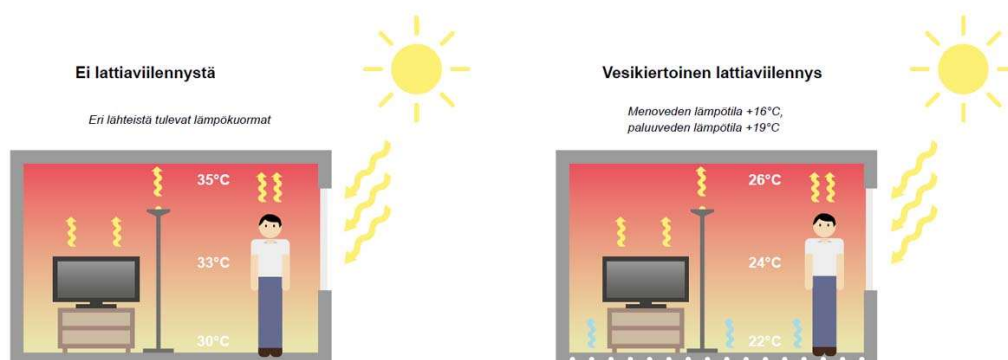
Talvella lattialämmityspotkistot lämmittävät taloa ja kesäkaudella talon lämmitessä liikaa, järjestelmä vaihdetaan viilentämään taloa samaa putkistoa hyödyntäen. Viileä vesi siirretään lämmönvaihtimen kautta lattiaputkistoihin ja automatiikka huolehtii, siitä että lämpötila on haluttu ja sisäolosuhteet sekä lattian lämpötila pysyvät optimaalisina koko lämpimän ajanjakson ajan. (4, s.28)

Kosteiden tilojen lattialämmitystä voidaan pitää päällä myös jäähdytys kaudella niiden kuivumisen tehostamiseksi. Kun lattialämmityksen putkistoja hyödynnetään lattiaviilennyksessä, saadaan lattialämmityspotkille käyttöä läpi vuoden.

Huonetermostaatteihin asetetaan erikseen lämmityksen ja jäähdytyksen raja-arvot. Kun jäähdytyksen arvoiksi asetetaan esimerkiksi ulkolämpötila +18 ja sisälämpötila +24, niin arvojen ylittyessä järjestelmä vaihtaa automaattisesti lämmitykseltä jäähdytykselle. Näin järjestelmä pyrkii pitämään sisälämpötilan optimaalisena läpi vuoden eikä käynnistä jäähdytystä esimerkiksi takasta johtuvan lisälämmön vuoksi lämmityskaudella.

Uutta pientaloa rakennettaessa lattiaviilennyksen varausten tekeminen talotekniseen järjestelmään on erittäin edullista. On suositeltavaa huomioida lattiaviilennys jo suunnitteluvaiheessa, jolloin kustannukset saadaan minimoitua. Mikäli budjetti ei anna ensivaiheessa periksi, on silti järkevää huomioida järjestelmän vaatimukset, mikäli sellainen kytketään jälkikäteen.

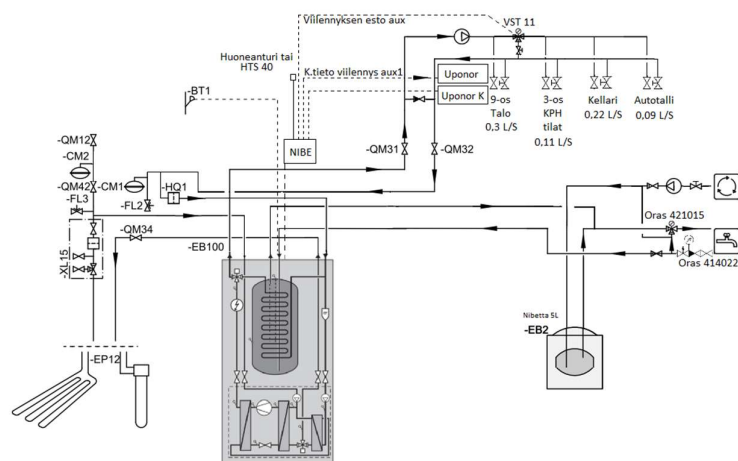
Maalämpöpumpun yhteyteen tulee tehdä viilennykselle omat haarat venttiileineen, sekä huomioida viilennys mahdollisuus lattialämmitysjärjestelmää valittaessa. Yli puolet pientalorakentajista valitsee maalämmön lämmitysmuodoksi, joten jäähdytyksen tekeminen on tällöin verrattain edullista ja erittäin järkevää jo rakennusvaiheessa. (5, s.28)



Kuva 3. Lattiaviilennyksen vaikutus sisätiloihin (6, s.28)

### 2.2.1 Lattiaviilennys maalämpöpumppuun integroidulla lämmönsiirtimellä

Tässä kappaleessa tutustutaan edullisimpaan ja vähiten tilaa vievään lattiaviilennys ratkaisuun, jossa jäähdytyksen lämmönsiirrin on sijoitettu lämpöpumpun sisälle säästäten tilaa vähentämällä ylimääräisiä komponentteja.



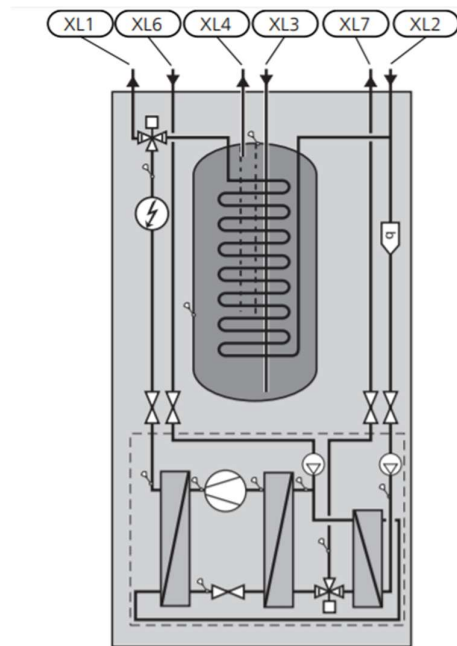
Kuva 4. Maalämpöpumpun kytkentäkaavio sisäisellä jäähdytyksen lämmönsiirtimellä. Lähde: NIBE maalämpö kytkentäkaavio (7, s.28)

Lämmönsiirtimeen ollessa pumpun sisällä ei järjestelmässä ole tarvetta erilliselle ohjaus automatiikalle eikä jäähdytyksen kiertovesipumpulle, näiden ollessa valmiiksi maalämpöpumpun käyttöjärjestelmässä.

Integroidun lattiaviilennyksen toimintaperiaate toimii siten, että lämmityskaudella verkosto toimii kuten tavallinen lattialämmitys järjestelmä. Lämmityskauden päättyessä lattiasa kiertävää vettä aletaan viilentää ennalta asetettujen ulkolämpötilojen ja huonelämpötilojen ylittyessä.

Jäähdytyksen alkaessa keruupiirin liuos jäähdyttää pumpun sisällä olevan lämmönsiirtimeen, jolloin lattiasa kiertävä vesi saadaan viilennettyä valitun säätökäyrän mukaisesti.

Samalla jäähdytystiedon lähdettyä, automatiikka antaa jäähdyttämättömien lattiapiirien (kylpyhuoneet, kellari ja autotalli) moottoriventtiilille sulkeutumiskäskyn, jotta tiloja ei jäähdytetäisi turhaan.



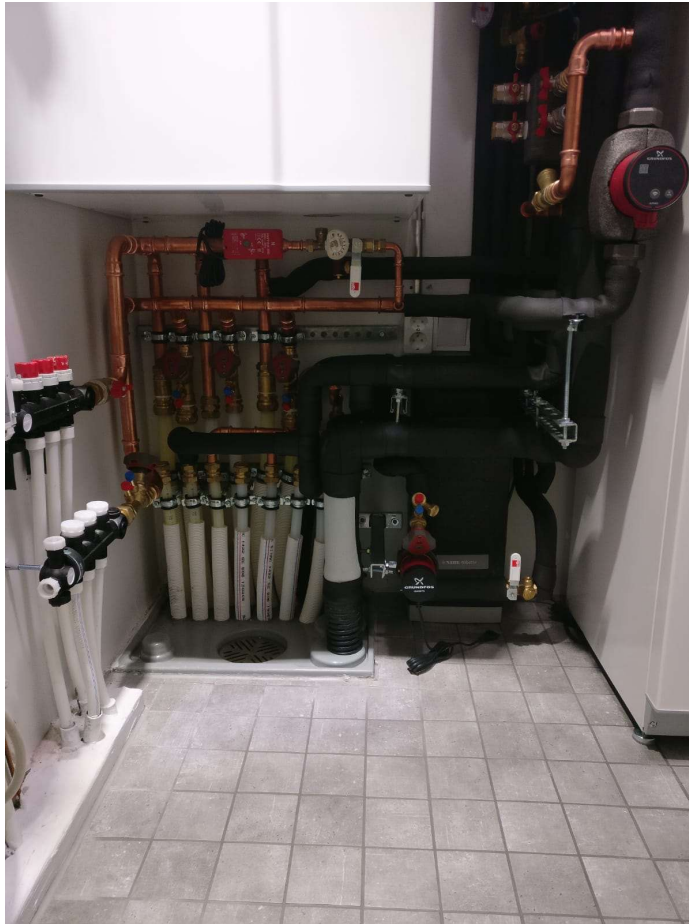
- |     |                                   |
|-----|-----------------------------------|
| XL1 | Connection, heating medium flow   |
| XL2 | Connection, heating medium return |
| XL3 | Connection, cold water            |
| XL4 | Connection, hot water             |
| XL6 | Connection, brine in              |
| XL7 | Connection, brine out             |

Kuva 5. Sisäisellä jäähdytyksen lämmönsiirtimellä varustettu maalämpöpumppu (8, s.28)

Asennuksen osalta jäähdyttävä maalämpöpumppu kytketään täysin samalla tavalla, kuin tavallinen lattialämmitykseen kytketty maalämpöpumppu. Ainoa suositeltava muutos perinteiseen lattialämmitysjärjestelmään on märkätilojen ja muiden jäähdytystä kaipaamattomien tilojen erottelu moottoriventtiilillä. Tällöin jäähdytystä käytettäessä sitä voi kontrolloida tilakohtaisesti huonetermostaattilla.

Käyttäjälle maalämpöpumppuun integroitu lattiaviilennys on helpoin ja edullisin vaihtoehto viilentää talo. Kaikkien toimintojen tapahtuessa yhden käyttöpaneelin takaa on sen

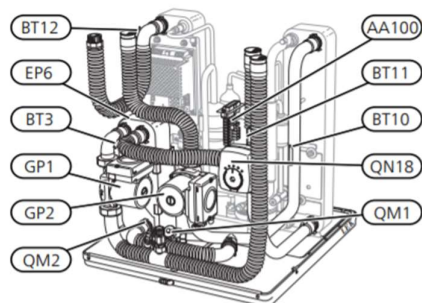
käyttö helppoa eikä sen asentaminen estä pumpun asentamista esimerkiksi kodinhoito-huoneeseen, mikäli talossa ei ole erillistä teknistä tilaa.



Kuva 6. Kuvassa moottoriventtiilillä erotetut lämmitettävät ja jäähdytettävät piirit. Kuvattu koh-teesta.

## Cooling section

3 x 400, 6 kW



### COOLING COMPONENTS

EP1	Evaporator
EP2	Condenser
EP6	Heat exchanger, cooling
GQ10	Compressor
HS1	Drying filter
QN1	Expansion valve
QN18	Mixing valve, cooling

Designations in component locations according to standard IEC 81346-1 and 81346-2.

Kuva 7. F1255PC:n jäähdytysyksikkö. (8, s.28)

### 2.2.2 Lattiaviilennys erillisellä lämmönsiirtimellä ja pumppuryhmällä

Erillisellä viilennys ryhmällä toteutettava lattiaviilennys on integroitua helpompi liittää erillisiin ohjausmahdollisuuksiin, kuten knx tai muu taloautomaatio. Lisäksi lämmityksen ja jäähdytyksen samanaikainen käyttö on helpompaa, kun jäähdytysyksikkö on täysin erillinen ja jäähdytyksen lämmönsiirtimelle ohjataan ainoastaan jäähdytettävien huoneiden lattia putkistot. Tämä mahdollistaa valittujen tilojen lämmityksen ja jäähdytyksen samanaikaisesti integroidulla lattiaviilennyksellä tapahtuvan vuorottelun sijaan.

Erillinen lattiaviilennys järjestelmä on kytkettävissä myös saneeraus kohteisiin, mikäli tietyt kriteerit täyttyvät. Talossa on oltava maalämpö tai muu kylmää nestettä tuottava koneisto. Lisäksi rakennuksen vesikiertoinen lattialämmitys on oltava siten muutettavissa, että kylpyhuonetilat saadaan eroteltua jäähdytettävistä tiloista. Viilennys yhteensopiva lattialämmitysohjaus ja viilennys lähdöt keruuputkistossa ovat tehtävissä järjestelmään jälkikäteen, mikäli asennuksille on riittävä tila maalämpöpumpun yhteydessä.

Jälkikäteen asennettavaa lattiaviilennystä harkittaessa on suositeltavaa ottaa yhteyttä urakoitsijaan, joka selvittää onko järjestelmä järkevästi kytkettävissä vai kannattaako harkita, jotain vaihtoehtoja viilennys järjestelmää.



Suomessa tällaisia laitteistoja tarjoavat suomessa Itula, NIBE ja Uponor, joista alla on kuvattuna Uponorin fluvia epq paketti (kuva8), joka on näistä laitteista yleisin. Tässä järjestelmässä keruupiiriltä otetaan omat haaroitukset ennen maalämpöpumppua ja johdetaan ne pumppuryhmälle. Ryhmän oma pumppu pitää huolen siitä, että jäähdytyksen lämmönvaihtimelle virtaa tarvittava määrä viileää nestettä lattiapiirien viilennystä varten. Lattiapiirit, jotka tahdotaan jäähdyttää, putkitetaan vaihtventtiilin avulla pumppuryhmälle, jolloin esimerkiksi kylpyhuonetiloja voidaan lämmittää saman aikaisesti, kun muuta taloa jäähdytetään.



Kuva 8. Erillisellä pumppuryhmällä ja lämmönsiirtimellä varustettu lattiaviilennysyksikkö (9, s.28)

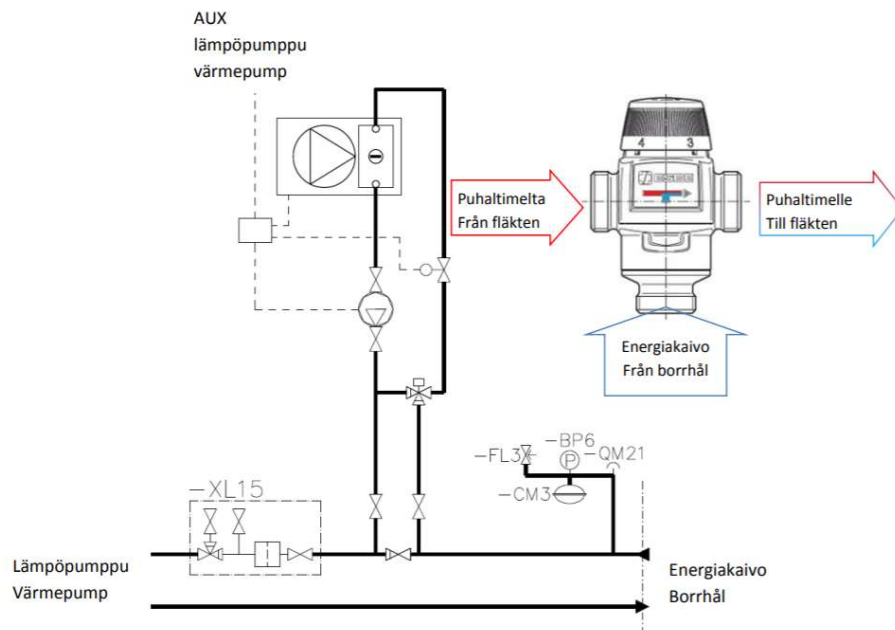
## 2.3 Puhallinkonvektori viilennys

Yleisin tapa viilentää maalämmöllä varustettuja omakotitaloja on tehdä se puhallinkonvektorilla. Tähän on saatavissa valmiita paketteja, jotka pitävät sisällään kaiken tarvittavan jäähdytyksen toteuttamiseksi. Paketti hyödyntää keruupiirin omia haarojaan, kuten muutkin jälkiasenteiset jäähdytysratkaisut.

Pakettiin kuuluu seinälle tai kattoon asennettava Puhallinkonvektori, sekoitusventtiili, pumppu, tarvittavat liittimet ja magneettiventtiili. Sekoitusventtiili säätelee puhaltimelle menevän liuoksen sopivan lämpöiseksi ja pumppu kierrättää liuosta maapiirin ja konvektorin välillä.

Käynnistettäessä jäähdytystä lähtee pumppu käyntiin. Pumpun siirtäessä viileää nestettä konvektorille, sen sisäänrakennettu termostaatti ohjaa puhaltimen nopeutta riittävän viilennyksen varmistamiseksi. Kun sopiva lämpötila on saavutettu, puhallin pienenee pienimmälle asennolle ja kierron pumppu sammutetaan.

LVI-kaavio Comfort  
VVS schema Comfort



Kuva 9. NIBE cool in puhallinkonvektorin kytkentäkaavio (10, s.28)

Puhallinkonvektorin asennus on tehokkain ja kannattavin jälkiasennettava jäähdytysratkaisu varsinkin vanhempiin patteriverkostolla varustettuihin maalämpö kohteisiin, sekä myös uudempiin taloihin, joissa lattialämmityksen jälkikytkennät ovat vaikeasti toteutettavissa.

## 2.4 Tuloilmapatterilla viilentäminen

Tuloilmapatterilla viilentäminen on hyvä tapa lisätä omakotitalon jäähdytystä. Omakotitaloissa tätä jäähdytyksen muotoa käytetään täydentävänä järjestelmänä päätoimisen jäähdytyksen apuna. Ilmanvaihdon kautta tehtävä jäähdytys tuo rajoitteita, joiden vuoksi se ei ole pientaloissa noussut varteenotettavaksi vaihtoehdoksi.

Ilmanvaihdossa tapahtuva viilennys kuivaa ilmaa tehden siitä miellyttävämpää kesäheiteillä, mutta kanaviston täytyy olla saumattomasti kondenssi- ja lämpöeristetty mahdollisten yläpohjan kosteusvaurioiden välttämiseksi. Lisäksi normaali kanavistossa ei ole mahdollisuutta eriyttää märkätiloja erilleen ilman moottoripeltejä, jolloin näitä tiloja viilennetään turhaan.

Tuloilmalla viilennettäessä ilmamäärien täytyy olla verrattain suuria riittävän jäähdytystehon varmistamiseksi- ja tästä seuraa tiloihin vetoa ja asuin viihtyvyyden laskemista. Näistä syistä tämä viilennysmuoto sopii pientaloihin täydentäväksi järjestelmäksi poistamaan kosteutta. Tämä sopii myös julkisiin tiloihin, joissa ilmamassat ovat ohjattavissa laajemmin erilaisilla tuloilma laitteilla viihtyvyyden takaamiseksi.

### 3 Viilennysvaihtoehtojen vertailu

Seuraavissa luvuissa vertaillaan erilaisia maalämmön yhteydessä toteutettavia jäähdytysratkaisuja, joita markkinoilla on pientalojen jäähdytystarpeisiin.

#### 3.1 Integroitu lattiaviilennys

Moni valmistaja tuottaa integroidun jäähdytyksen malleja ainoastaan keski-Euroopan markkinoille, mutta Suomeen vastaavia laitteistoja on saatavilla muutamilta valmistajilta. Selvityksemme kohteena oli NIBE:n toimittama F1255 PC (passiivi jäähdytys) maalämpöpumppu, joka suunniteltiin kohteeseen pilottiprojektina yhdessä valmistajan ja rakennuttajan kanssa. Projektin lähtökohtana oli tuottaa viihtyisä lämmitys, jäähdytys, sekä ilmanvaihto mahdollisimman yksinkertaisella ja tehokkaalla tavalla.

Integroidun lattiaviilennyksen suurin etu on sen vähäinen komponentti määrä verrattuna maalämpöpumpun vakio asennukseen eli tilankäyttöön ei tarvitse erikseen varautua. Mikäli kohteessa on lattialämmitysputkisto ja maalämpö niin käytännössä näiden lisäksi tarvitaan ainoastaan yksi venttiili erottelemaan jäähdytettävät ja lämmitettävät alueet toisistaan. Lähes kaikki markkinoilla olevat lattialämmitykset tunnistavat jo lattiaviilennyksen, joten ne osaavat vaihtaa termostaatin toiminnan toisinpäin saadessaan viilennys käskyn.

Kustannuksiltaan ratkaisu on edullisin viilennysratkaisu tehtäessä viilennystä uuteen taloon. Kustannukset syntyvät laitehankintojen hinnan erotuksesta tavalliseen maalämpöpumppuun sekä arviolta 4 tunnin asennuksista uuteen taloon. Nämä laskelmat ovat tehty yksinkertaisilla ohjaus- ja kytkentä menetelmillä.

Käytettävyydeltään viilennys on helppo automatiikan hoitaessa jäähdytyksen kytkeytymisen ennalta asetuissa arvoissa. Käyttäjä ei itse huomaa jäähdytyksen kytkeytymistä vaan järjestelmän tarkoitus on tarkoitus automaattisesti mukautua tilanteeseen noudattamalla tilan termostaatin lähettämiä jäähdytys- ja lämmitys käskyjä.

Ominaisuuksiltaan integroitu lattiaviilennys on kytkentänsä mukaan melko yksinkertainen. Tilojen lämmitys- ja viilennys alueet tulee suunnitella erillisille ryhmilleen jo lattia-lämmitysten asennusvaiheessa. Yksinkertaisimmassa vaihtoehdossa jäähdytysjaksolla märkätilojen lämmitys keskeytetään ja pumpun lämmitys käytössä moottoriventtiin sulkiessa märkätilat pois lämmönjaosta. Laajemmassa vaihtoehdossa moottoriventtiilille annetaan vuorottelu käsky, eli tietyin väliajoin jäähdytettävät piirit suljetaan ja moottoriventtiili ajaa lämmintä vettä märkätiloihin.

### 3.2 Erillinen lattiaviilennyksen pumppu/vaihdin ryhmä

Erillisellä lämmönvaihtimella toteutetut ratkaisut ovat yleisimpiä lattiaviilennys ratkaisuita. Näitä järjestelmiä tarjoaa markkinoilla Uponor, Itula, NIBE, sekä muutama muu pienempi toimija. Suurimpana erona integroituun malliin verrattuna tässä on täysin erillinen keruupiiristä haaroitettava pumppu, lämmönvaihdin ja venttiili kokoonpano. Ohjaus tavoissa on myös eroja. Toisin kun integroidussa järjestelmässä, jossa jäähdytyskäyrien automatiikan tullessa suoraan maalämpöpumpulta niin tässä näitä toimintoja ohjaa lattialämmityksen oma järjestelmä.

Eriytetyn lattiaviilennyksen suurin etu on sen säädettävyys ja mukautuvuus eri tilojen lämmitys- ja viilennys tarpeisiin. Lämmitys ja jäähdytys putkien ollessa erillään on märkätilojen lämmittäminen ja muiden asuintilojen jäähdyttäminen yksinkertaista. Toinen hyvä ominaisuus on järjestelmän jälkiasennettavuus, eli järjestelmä on asennettavissa lähes mihin tahansa vanhaan maalämpökohteeseen, kunhan kohteessa on vesikiertoinen lattialämmitys verkosto.

Tilankäytöltään komponentit vaativat oman asennustilansa jakotukkien yhteyteen. Suositeltava tila järjestelmälle on 600mm leveä ja syvä tila noin. 1m korkeuteen. Myös järjestelmän huollolle on jätettävä vapaata tilaa koneiden eteen.

Kustannuksiltaan järjestelmä on noin 40% Maalämpöpumpun hinnasta ja kytkennöissä on varauduttava noin kahdentoistatunnin lisä töihin kytkentöjen osalta. Kustannukset

syntyvät jäähdytyksen pumppu/vaihdin paketista, siirtoputkistoista, keruupiirin haaroituksesta ja laitteiston asennuksista.

Käytettävyydeltään tämä paketti on yhtä huoleton kuin integroidun viilennyksen järjestelmä, eli lämpötila asetetaan huonetermostaattiin ja automatiikka hoitaa lämmön/viilennyksen jaon kyseisiin tiloihin.

Ominaisuuksiltaan erillinen lattiaviilennys paketti on laajempi integroituun lattiaviilennykseen verrattuna jo edellä mainittuun säädettävyyteen ja tilajakoihin viitaten. Suurimpana erona on mahdollisuus lämmittää ja jäähdyttää tiloja samanaikaisesti, mutta tästä tarvitaan kuitenkin vielä enemmän käyttäjä kokemuksia, jotta voidaan kunnolla vertailla, kumpi näistä järjestelmistä on parempi ohjaustavoiltaan ja ominaisuuksiltaan.

### 3.2.1 Jäähdytyksen puhallinkonvektori

Puhallinkonvektori on ensimmäinen ja yksinkertaisin maakylmää hyödyntävä viilennys ratkaisu. Puhallinkonvektori on lisättävissä järjestelmään vielä jälkikäteen sen hyödyntäessä täysin omaa putkistoaan. Esimerkiksi NIBE:n uudessa täyttöventtiiliryhmässä on jäähdytyksen venttiileiden lähdöt valmiina. Tämä mahdollistaa jäähdytyksen rakentamisen ilman erillisiä järjestelmä muutoksia.

Puhallinkonvektoriviilennyksen etuna ovat sen edullisuus ja verrattain helppo jälkiasennettavuus. Mikäli kohteessa on jo maalämpöpumpun asennuksen yhteydessä huomioitu viilennys asentamalla jäähdytykselle varaukset etukäteen. Tällöin ei maalämpöpumpun asennuksiin jouduta tekemään muutoksia jäähdytystä kytkiessä. Markkinoilla on lukematon määrä puhallin konvektoreita, joten kaikille luulisi löytyvän mieluinen malli.

Tilankäytöllisesti konvektorin pumppuryhmä tarvitsee teknisestä tilasta noin 500x500 millimetriä kokoisen alueen seinältä maalämpöpumpun vierestä, mutta muuten konvektoreiden tilankäyttö on täysin kiinni valitusta mallista ja sen asennustiloista. Konvektori on aina erillinen asennus, ja sille tulee aina varata oma tilansa. Tämän takia myös viilennys kannatta huomioida talon suunnittelun alkuvaiheessa.



Kuva 10. Kuvassa kattoon- ja seinälle asennettavissa olevat puhallinkonvektorimallit. (10, s.28)

Edullisin ja helpoin valinta on seinälle asennettava puhallinkonvektori, joka muistuttaa ilmalämpöpumppua. Seinämallien asennus on yksinkertaista, kunhan huomioi kondenssivesien johtamisen joko ulos tai lattiakaivolliseen tilaan. Myös jäädytysletkujen lyhyet vedot lämmönjakohuoneelle ilman suuria nousuja tai laskuja on suotavaa.

Kattoon asennettavassa konvektorissa on otettava useampi asia huomioon ennen asennusta. Mikäli tilassa on mahdollista tehdä alas laskettu, niin asennus helpottuu huomattavasti, yleensä tiloja ei haluta madaltaa, joten koneille on tehtävä oma tila katon rakenteisiin. Konvektori tarvitsee yli 600 millimetriä leveän kattotuolivälin tai aukon asennuksen onnistumiseksi ja erillisen höyrysululla varustetun kotelon ja mikäli asennus tapahtuu viileää yläpohjaa vasten. Kattomallit ovat vakiona varustettu kondenssivesipumpuilla, jolloin konvektorin tuottaman kondenssiveden viettoviemärin kuljetus ongelmia ei ole.





Kuva 11. Otsapintaan asennettava puhallinkonvektori. (11, s.28)

Viimeisimpänä vaihtoehtona ovat otsapintaan asennettavat konvektorit. Otsapintaan asennettavat konvektorit ovat useimmille tuttuja muun muassa hotellihuoneista, joissa eteisen katto on matalampi kätkien sisäänsä jäähdytys konvektorin ja muun tekniikan. Konvektori on yleensä sijoitettu eteiseen vastaiseen seinään ja on myös hyvin sovellettavissa pientaloihin.

Seinän sisäisten konvektoreiden etuna seinäpintaan asennettavaan konvektoriin verrattuna on esteettisyys, mutta varjopuolena seinän takaa vaadittava 250 millimetriä korkea ja 700 millimetriä syvä tila johon konvektorin runko asennetaan. Konvektoreiden suunnittelussa on huomioitava koneiden asennustilat ja viemärointi hyvissä ajoin etukäteen sijoittamalla koneet sellaisten tilojen läheisyyteen, johon tekniikan saa järjestettyä. Jälkikäteen asennettavissa koneistoissa asennusmahdollisuudet ovat huomattavasti rajoittuvia juuri edellä mainittujen tilojen puuttuessa. (11, s.28.)

Puhallinkonvektoreiden ja niiden asennusten kustannukset määräytyvät suoraan konvektorin koosta, komponenttien määrästä ja konvektorin etäisyydestä viilennyslähteeltä. Edullisimmassa vaihtoehdossa seinäkonvektori on sijoitettu teknisen tilan vastaiselle seinälle, jolloin asennus ja materiaalikustannukset ovat mahdollisimman pienet. Tällaisessa asennuksessa puhutaan noin. 2000€ kustannuksesta kun taas kattokonvektoreissa lähdetään arviolta 3000€ asennuksineen.

Järjestelmän käytettävyys on helppoa mukana toimitettavan kaukosäätimen avulla. Kaukosäätimestä valitaan haluttu lämpötila ja viilennystarpeen ollessa päällä, konvektori lä-

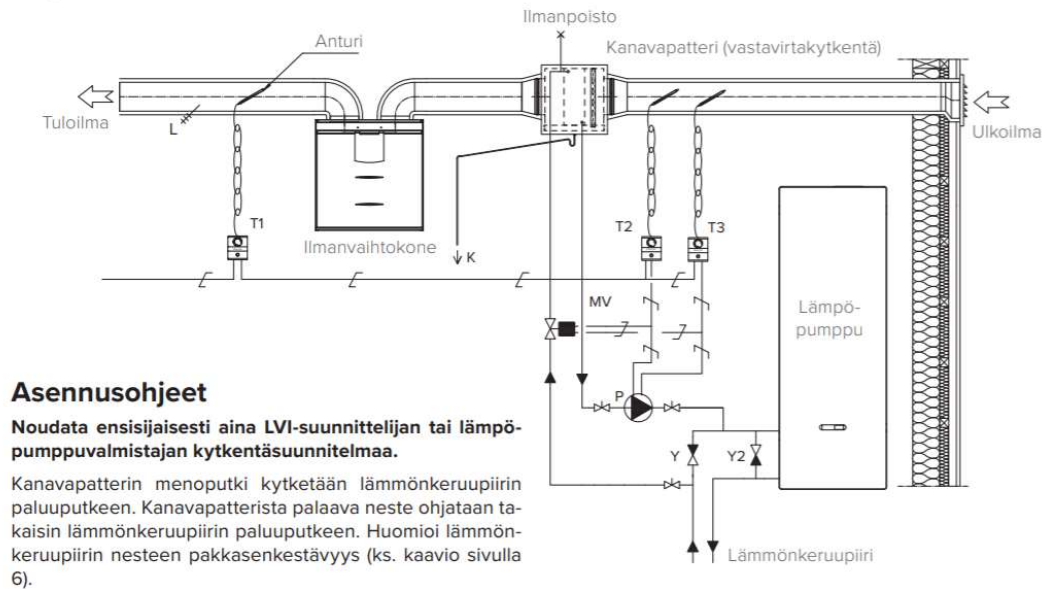
hettää tiedon maalämpöpumpun keruupiirin pumpulle ja omalle kiertovesipumpulle jäähdytyksen tarpeesta. Järjestelmä on huoleton ja helppo huoltaa itse puhdistamalla koneen pölysuojat säännöllisesti.

Konvektori jäähdytyksessä on plussansa ja miinuksensa. Plussina ovat jälkiasennettavuus ja ilman kuivaus kesähelteiden ollessa kosteimmillaan. Miinuksina voidaan mainita koneiden esteettisyys, huono viilennyksen leviävyys sekä jäähdytyksestä syntyvä vedon tunne. Varsinkin isoissa taloissa konvektorin jäähdytys rajoittuu usein vain konvektorin puhallus alueella oleviin tiloihin. (10, s.28.)

### 3.3 Tuloilman viilennys

Tuloilma viilennyksessä maalämpöjärjestelmään liitetään kanavapatteri, joka asennetaan joko ulkoilmakanavaan tai talon tuloilmakanavaan asennettuna. Ulkoilmakanavaan asennettuna se toimii lämmityskaudella ilmanvaihtokoneen esilämmityspatterina hyödyntäen maalämmön keruupiirin nesteen lämpöä sen lämmitettäessä sisään tulevaa ulkoilmaa. Kesällä tuloilmaa voidaan viilentää jäähdyttämällä sisään tulevaa ilmaa. Tällä tavoin myös kosteus poistuu sisään tulevasta ilmasta.

## Järjestelmän toimintakaavio



Kuva 12. Tuloilma patterin asennuskaavio (12, s.28)

Oikein suunniteltuna tuloilmaviilennys on huomaamaton ja kosteutta poistava jäähdytysratkaisu. Tuloilmaviilennys ei normaali tilanteessa kykene yksin hoitamaan tilojen jäähdytys tarpeita, koska siinä tarvittaisiin suurta tuloilmavirtaa, johon omakotitalon ilmanvaihtojärjestelmää ei ole suunniteltu. Tuloilmalla jäähdytettäessä täytyy pitää erityistä huolta ilmanvaihtoputkiston eristyksestä ja sen soveltuvuudesta jäähdytys tarpeisiin.

Jäähdytyksessä käytettävä kanavapatteri vaatii teknisestä tilasta n. 800 millimetriä pitkän vaaka osuuden raitisilmakanavasta asennuksen onnistumiseksi. Jäähdytyspatteria ei voi asentaa pystyyn kondenssivesien asianmukaisen keräämisen vuoksi. Muuten asennus vaatii pumppuryhmälleen vastaavan puolimetriä kertaa puolimetriä asennustilan maalämpöpumpun vierestä.



Kuva 13. Valloxin MLV Multi 200 -tuloilmapatteri viilennykseen (12, s.28)

Tuloilma viilennyksen asennuskustannukset määräytyvät siitä, kuinka hyvin asennus on huomioitu ilmanvaihtojärjestelmää rakennettaessa. Mikäli ilmanvaihtojärjestelmässä on kaikki edellytykset työlle, niin asennukselle tulee hintaa noin tuhannesta kahteen tuhan- teen, Jos ei ole niin jälkeinpäin asennettaessa ja huomioitaessa ilmanvaihtokanaviston kondenssieristys, voi asennukselle tulla useita tuhansia lisää hintaa.

Järjestelmän käytettävyys riippuu valitusta ilmanvaihtokoneesta. Valittaessa Valloxin mlv tuloilmapatteri ja valloxin ilmanvaihtokone, voidaan jäähdytyksen ohjaus järjestää ilman- vaihtokoneelta käsin. Mikäli järjestelmät ovat omia yksiköitään on patterille määritettävä

omat rajalämpötilat ja ohjaus, tällöin viilennyspatteri saa viilennys käskyn tuloilman lämpötilan kasvaessa riittävän suureksi.

Tuloilman jäähdytys on siis lähinnä uudisrakennuksiin suunnattu täydentävä viilennysjärjestelmä, joka täytyy ottaa hyvin huomioon rakennuksen lämmitys/jäähdytys järjestelmiä suunniteltaessa. Etuina tuloilmaa jäähdytettäessä on ilman kuivaus, varsinkin lattiaviilennyksen yhteydessä. Miinuksina ovat lämmönjakohuoneesta ja ilmanvaihtokoneelta tilaa vievät asennukset sekä se, että sille tarvitaan erillinen ohjaus järjestelmä. (12, s.28.)

## 4 Yhteenveto

Kohteeseen valikoitunut integroitu lattiaviilennys oli edullisin ja vähiten ylimääräisiä komponentteja sisältänyt viilennys ratkaisu. Se on monistettavissa helposti pientalo rakentamiseen ja useisiin projekteihin vähäisten tila- ja muutosvaatimustensa vuoksi.

Integroidun lattiaviilennyksen lisäksi talon tekniseen tilaan jätettiin varaukset ja putket niin tuloilman viilennys patterille, kuin mahdollisesti jälkikäteen asennettavalle puhallin-konvektorille. Tulevaisuudessa järjestelmässä on siis laajennus mahdollisuuksia käyttäjäkokenemusten tuomien tarpeiden pohjalta.

Yhteenvetona voidaan todeta jäähdytys ratkaisuja olevan paljon. Jäähdytys kannattaa suunnitella mahdollisimman hyvin etukäteen. Seuraavaksi listaan alle eri kokoonpanot, joilla kriteereillä viilennystä kannattaa lähteä suunnittelemaan erilaisiin projekteihin.

### 4.1 Lattiaviilennys + tuloilmaviilennys

**Käyttökohteet:** Uudet ja vanhat rakennukset, myös moni kerroksiset ja pohjaltaan haastavat kohteet.

**Tilarajoitukset:** Huomioitava riittävät asennustilat jäähdytysratkaisuille. Vaatii suurehkon teknisen tilan.

**Tekniset rajoitukset:** Ilmanvaihtokanaviston on oltava kondenssieristetty ja rakennuksessa on oltava vesikiertoinen lattialämmitys ja maalämpö.

Mahdollisesti hienoin, mutta kallein ja tilaa vievin sovellus on erillisen lattiaviilennys paketin yhdistäminen tuloilmaviilennykseen. Tällöin suurin lämpökuorma saadaan leikattua lattiaviilennyksellä ja ilmankuivaus saadaan tuloilmaviilennyksellä.

Tässä kokoonpanossa kaikki tilat pystytään viilentämään tarpeen mukaan eikä rakennuksen monimuotoisuus ole myöskään esteenä.

Kustannuksiltaan järjestelmä on kallein, mutta mikäli ilmanvaihdon eristys, teknisen tilan koko ja vesikiertoinen lattialämmitys on muutenkin huomioitu suunnitelmissa niin kustannus ero ei pääse kasvamaan liian korkeaksi.

Uudiskohteessa ja saneerauskohteissa, joihin suoritetaan myös lämmityslaitteen vaihto, on valittavissa integroitu lattiaviilennys. Saneerauskohteissa valinta kääntyy erilliseen lattiaviilennykseen.

## 4.2 Lattiaviilennys

**Käyttökohteet:** Uudet ja vanhat rakennukset, myös moni kerroksiset ja pohjaltaan haastavat kohteet.

**Tilarajoitukset:** Integroidussa versiossa ei tilarajoituksia.

**Tekniset rajoitukset:** Rakennuksessa on oltava vesikiertoinen lattialämmitys ja maalämpö tai muu kylmää tuottava koneisto.

Nykypäiväinen jäähdytysmuoto, joka kattaa rakennuksen kaikki tilat. Edullisin ja yksinkertaisin kokoonpano syntyy integroidulla lattiaviilennyksellä, jolloin tilavarauksia ei tarvitse miettiä ja kustannukset syntyvät ainoastaan lämpöpumpun hinnan erotuksesta.

Uudiskohteessa ja saneerauskohteissa, joihin suoritetaan myös lämmityslaitteen vaihto, on valittavissa integroitu lattiaviilennys. Saneerauskohteisiin valinta kääntyy erilliseen lattiaviilennykseen.

Etuina lattiaviilennyksessä ovat lattialämmitysputkiston ympärivuotinen hyödyntäminen ja jäähdytyksen tehokas jako koko kiinteistöön. Myös integroidun viilennyksen kustannustehokkuus on huippu luokkaa vertailussa, siis se on kaikista ratkaisuista edullisin ja vaatii vähiten tilaa.

Haasteena tässä järjestelmässä on se, että se ei kuivaa ilmaa. Varsinkin loppukesästä, kun ilma on kostea ja aurinko pääsee porottamaan sisään suurista ikkunoista, lattiaviilennyksen ominaisuudet luoda viihtyisä sisäilmasto on koetuksella.

#### 4.3 Lattiaviilennys + jäähdytyskonvektori

**Käyttökohteet:** Uudet ja vanhat rakennukset, myös moni kerroksiset ja pohjaltaan haastavat kohteet.

**Tilarajoitukset:** Asennukset on mahdollista tehdä pieneenkin tilaan integroitua lattiaviilennystä käytettäessä.

**Tekniset rajoitukset:** Rakennuksessa on oltava vesikiertoinen lattialämmitys ja maa-lämpö tai muu kylmää tuottava koneisto.

Nykypäiväinen jäähdytys muoto, joka kattaa koko rakennuksen kaikki tilat. Uudiskohteessa ja saneerauskohteissa, joihin suoritetaan myös lämmityslaitteen vaihto, on valittavissa integroitu lattiaviilennys. Saneerauskohteisiin valinta kääntyy erilliseen lattiaviilennykseen.

Etuina lattiaviilennyksessä on lattialämmitysputkiston ympärivuotinen hyödyntäminen ja jäähdytyksen tehokas jako koko kiinteistöön. Hyödynnettäessä konvektoria lattiaviilennyksen lisänä saadaan esimerkiksi ylemmän kerroksen jäähdytys tarpeet suoritettua,

mikäli se olisi muuten hankalasti toteutettavissa lattiaviilennyksellä. Jos toisessa kerroksessa on esimerkiksi kylpyhuonetiloja myös ei viilennyksen kytkeminen tänne suoraan lämmönjakohuoneesta ole välttämättä kannattavaa.

Tällä yhdistelmällä voidaan myös varmistaa kosteuden poisto kuumimmilla ja kosteimmilla kesäkeleillä. Mikäli pihapiirissä on erillISRakennus, joka ei lämpene samalla vesikeskus lämmityksellä on sen jäähdytys tarpeet silti toteutettavissa konvektorin avulla. Konvektorissa kiertävän nesteen ollessa jäätymätöntä etanolia on putkivetojen sijoittaminen myös maahan mahdollista.

#### 4.4 Konvektorijäähdytys

**Käyttökohteet:** Uudet ja vanhat rakennukset, myös monikerroksiset kohteet.

**Tilarajoitukset:** Asennukset on mahdollista tehdä pieneenkin tilaan riippuen mallista. Kattokonvektorit ja otsapuhaltimet vaativat huomattavasti tilaa rakenteista.

**Tekniset rajoitukset:** Rakennuksessa on oltava maalämpö tai muu kylmää tuottava koneisto.

Yleisin maalämmön yhteyteen toteutettava viilennys ratkaisu. Järjestelmä on helppokäyttöinen, helppo asentaa ja kustannustehokas. Konvektori on mahdollista asentaa lähes mihin tahansa kohteeseen.

Haittana konvektori viilennyksessä on todettu jäähdytyksestä tuleva vedon tunne, sekä niiden esteettinen ulkonäkö, jota pyritään välttämään varsinkin uusia taloja rakennettaessa. Lisäksi konvektoreiden sijoitus ja lukumäärä saattavat muodostua ongelmaksi niin tilankäytöllisesti, sekä kustannustehokkuudeltaan, jotta saataisiin toteutettua riittävä viilennys kaikkiin tiloihin.



#### 4.5 Tuloilman viilennys

**Käyttökohteet:** Uudet ja vanhat rakennukset, myös moni kerroksiset ja pohjaltaan haastavat kohteet.

**Tilarajoitukset:** Tuloilmapatteri vaatii hyvin suunnitellun tilan itselleen ilmanvaihtokoneen yhteyteen.

**Tekniset rajoitukset:** Ilmanvaihtokanaviston on oltava kondenssieristetty ja rakennuksessa on oltava maalämpö tai muu kylmää tuottava koneisto.

Tuloilman viilennys soveltuu pientaloissa lähinnä täydentäväksi jäähdytykseksi sen tehon ollessa verrattain pieni. Mikäli tuloilmalla tahdottaisiin viilentää taloa tehokkaasti, olisi ilmavirtojen oltava huomattavat muodostaen näin vedon tunnetta.

Kustannustehokkuudeltaan tuloilman viilennys on melko huono pientalokäytössä, mikäli huomioidaan ilmanvaihtokanaviston kondenssieristykseen menevät kulut.

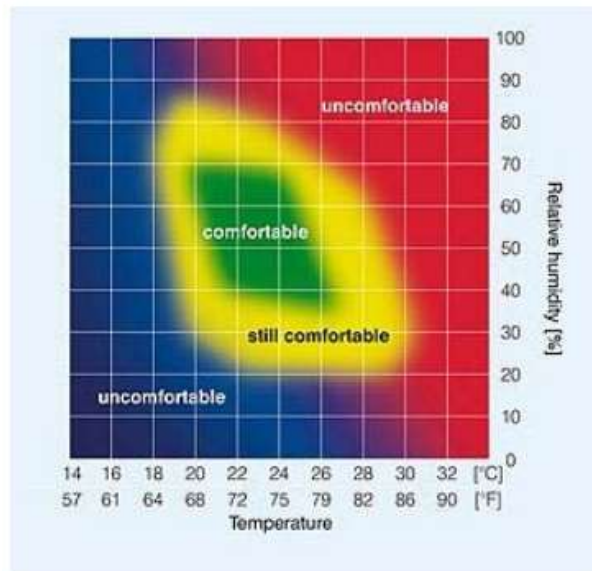
## Lähteet

- 1 Maalämmön keruupiiri. Verkkoaineisto. Gebwell Oy. <https://gebwell.fi/maalampo/maajaahdytys/> Luettu 14.12.2019
- 2 Maalämmön toiminnan kuvaus. Verkkoaineisto. Suomen vesitekniikka. <https://www.suomenlampopumppu.fi/maalampo/> Luettu 1.2.2020
- 3 Uponor lattiaviilennys. Verkkoaineisto. Uponor Oy. [https://www.uponor.fi/tuote-jarjestelmat/lattialammitys\\_vuilennys/lattiaviilennys?gclid=CjwKCAjw95D0BRBFEiwAcO1KDAITtun24SVK-zQw6ACI7Ou1\\_f22\\_F9yf-ZT2-pxV5-vKSY8S0xoknBoCk6AQAvD\\_BwE](https://www.uponor.fi/tuote-jarjestelmat/lattialammitys_vuilennys/lattiaviilennys?gclid=CjwKCAjw95D0BRBFEiwAcO1KDAITtun24SVK-zQw6ACI7Ou1_f22_F9yf-ZT2-pxV5-vKSY8S0xoknBoCk6AQAvD_BwE) Luettu 4.2.2020
- 4 Itula lattiaviilennys. Verkkoaineisto. Itula Oy. <https://www.itula.fi/itufloor> Luettu 4.2.2020
- 5 Lattiaviilennys. Verkkoaineisto. Omataloyhtiö. [https://www.omataloyhtio.fi/artikkelit/13699/tutkimus\\_osoitti\\_lattiaviilennyksen.htm](https://www.omataloyhtio.fi/artikkelit/13699/tutkimus_osoitti_lattiaviilennyksen.htm) Luettu 11.1.2020
- 6 Viilennyksen tärkeys. Verkkoaineisto. Rakentaja. [https://www.rakentaja.fi/artikkelit/14508/miksi\\_on\\_tarkeaa.htm](https://www.rakentaja.fi/artikkelit/14508/miksi_on_tarkeaa.htm) Luettu 4.2.2020
- 7 NIBE maalämpö kytkentäkaavio. Verkkoaineisto. Nibe Oy. <https://ammattilaiset.nibe.fi/nibedocuments/15661/M10789fi-4.pdf> Luettu 3.1.2020
- 8 Maalämmön asentajan käsikirja. Verkkoaineisto. Nibe Oy. <https://www.nibe.eu/assets/documents/18795/331170-4.pdf> Luettu 3.1.2020
- 9 Erillinen pumppu/vaihdin ryhmä. Verkkoaineisto. Onninen. <https://onnshop.onninen.fi/uponor-pumppuryhma-uponor-fluvia-move-plus-epg-6-a-w/p/CCB681> Luettu 4.2.2020
- 10 NIBE konvektori viilennys. Verkkoaineisto. Nibe Oy. <https://www.nibe.eu/fi/fi/tuotteet/muut-tuotteet/vuilennys/Cool-IN-Comfort-maal%C3%A4mp%C3%B6pum-pulle--4942> Luettu 3.1.2020
- 11 Otsapintaan asennettava konvektori. Verkkoaineisto. Chiller Oy. <https://www.chiller.eu/fi/tuotteet/puhallinkonvektorit/grand-puhallinkonvektori/> Luettu 14.2.2020
- 12 Tuloilmaviilennys. Verkkoaineisto. Vallox Oy. [https://www.vallox.com/tuotteet/vallox\\_lisalaitteet\\_ja\\_varusteet/vallox\\_mlv\\_multi\\_200.html](https://www.vallox.com/tuotteet/vallox_lisalaitteet_ja_varusteet/vallox_mlv_multi_200.html) Luettu 13.2.2020

- 13 Ilmankosteuden vaikutus mukavuuteen. Verkkoaineisto. Lämpöpumput info. [https://lampopumput.info/foorumi/threads/nilan-ja-sis%C3%A4ilman-kosteus.27208/#lg=\\_xfUid-2-1587930161&slide=0](https://lampopumput.info/foorumi/threads/nilan-ja-sis%C3%A4ilman-kosteus.27208/#lg=_xfUid-2-1587930161&slide=0) Luettu 1.2.2020
- 14 Helletilastot Suomessa. Verkkoaineisto. Ilmatieteenlaitos. <https://www.ilmatie-teenlaitos.fi/helletilastot> Luettu 11.3.2020

**Liite 1. Lämpötilan ja suhteellisen kosteuden vaikutus mukavuuteen**  
(13, s. 28)

**Miellyttävä sisäilma riippu lämpötilasta ja kosteudesta**



Kuvio esittää mukavan sisäilman lämpötilan suhteellisen kosteuden ja lämpötilan avulla

Kesällä korkea suhteellinen kosteus edellyttää alhaisempaa lämpötilaa

Vastaavasti talvella on terveydelle ja energiataloudelle eduksi säilyttää koskeutta sisäilmassa

## Liite 2. Helteet 2018 (14, s. 28)

## Toukokuu

Pvm	°C	Havaintoasema(t)	
11.5.	25,1	Pori Rautatieasema	
12.5.	26,6	Ylivieska Lentokenttä	
13.5.	28,5	Kouvola Utti Lentoportintie	
14.5.	29,1	Heinola, Turku	
15.5.	<b>29,6</b>	Kemiönsaari, Vantaa, Kouvola	
16.5.	29,2	Pori Rautatieasema	
17.5.	26,2	Vihti Maasoja	
21.5.	26,6	Heinola Asemantaus	
22.5.	26,6	Oulunsalo Pellonpää	
23.5.	26,8	Porvoo Harabacka	
25.5.	26,5	Ylivieska Lentokenttä	
26.5.	27,2	Hämeenlinna Lammi Evo	
28.5.	25,4	Kankaanpää Niinisalo lentokenttä	
29.5.	27,7	Vantaa Helsinki-Vantaan lentoasema	14 kpl

## Kesäkuu

Pvm	°C	Havaintoasema(t)	
2.6.	27,6	Vantaa Helsinki-Vantaan lentoasema	
3.6.	27,4	Helsinki Kumpula	
11.6.	27,3	Mäntsälä Hirvihaara	
15.6.	26,0	Mikkeli lentoasema	
16.6.	26,7	Heinola Asemantaus	
17.6.	26,9	Heinola Asemantaus	
18.6.	25,7	Heinola Asemantaus	
27.6.	26,9	Hattula Lepaa	
28.6.	<b>29,2</b>	Heinola Asemantaus	9 kpl

## Heinäkuu

Pvm	°C	Havaintoasema(t)	
2.7.	28,5	Inari Väylä	
3.7.	29,5	Utsjoki Kevo	
7.7.	26,3	Raasepori Jussarö	
8.7.	25,1	Raasepori Jussarö, Rovaniemi rautatieasema	
9.7.	28,1	Rovaniemi rautatieasema	
10.7.	28,4	Ylitornio Meltosjärvi	
11.7.	30,1	Sodankylä Tähtelä	
12.7.	30,3	Utsjoki Kevo	
13.7.	29,1	Kouvola Anjala	
14.7.	29,5	Espoo, Hattula, Kemiönsaari, Kouvola, Vantaa	
15.7.	31,2	Helsinki Kumpula, Porvoo Harabacka	
16.7.	32,7	Turku Artukainen	
17.7.	33,3	Turku Artukainen	
18.7.	<b>33,7</b>	Vaasa Klemettilä	
19.7.	32,7	Utsjoki Kevo	
20.7.	32,1	Oulu Oulunsalo Pellonpää	
21.7.	31,1	Utsjoki Kevo	
22.7.	28,8	Lahti Laune	
23.7.	29,6	Haapavesi Mustikkamäki	
24.7.	31,3	Haapavesi Mustikkamäki	
25.7.	32,2	Ylivieska lentokenttä	
26.7.	31,6	Kankaanpää Niinisalo lentokenttä	
27.7.	33,6	Turku Artukainen	
28.7.	31,9	Vaasa Klemettilä	
29.7.	31,5	Kruunupyy Kokkola-Pietarsaari lentoasema	
30.7.	33,2	Oulu Oulunsalo Pellonpää	
31.7.	32,3	Ylivieska lentokenttä	27 kpl

## Elokuu

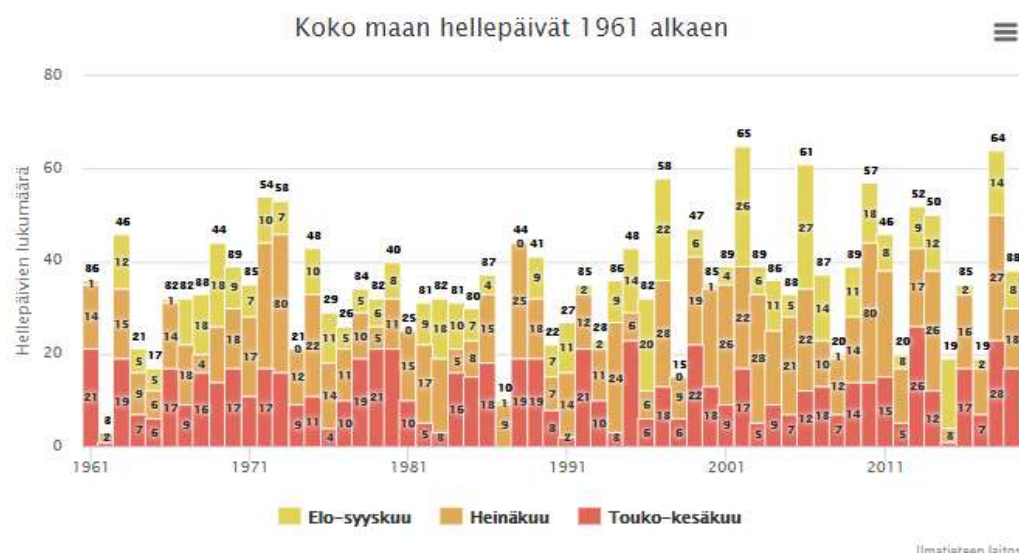
Pvm	°C	Havaintoasema(t)	
1.8.	32,7	Hämeenlinna Lammi Evo	
2.8.	<b>32,9</b>	Lappeenranta Konnunsuo	
3.8.	31,7	Helsinki Kumpula	
4.8.	28,4	Hattula Lepaa	
5.8.	26,5	Helsinki Kumpula	
7.8.	25,2	Inkoo Bågaskär	
8.8.	27,6	Pori rautatieasema	
9.8.	30,3	Porvoo Harabacka	
10.8.	31,1	Heinola Asemantaus	
11.8.	26,1	Lappeenranta Konnunsuo	
17.8.	27,0	Pori rautatieasema	
18.8.	25,9	Lappeenranta Konnunsuo	
24.8.	25,9	Pori rautatieasema	13 kpl

## Syyskuu

Pvm	°C	Havaintoasema(t)	
8.9.	26,1	Rauma Pyynpää	1 kpl

### Liite 3. Hellepäivät 1961-2019 (14, s. 28)

#### Koko maan hellepäivät 1961 alkaen



## Liite 4. Pisimmät hellejaksot (14, s. 28)

### Pisimmät yhtämittaiset hellejaksot

Korkeapaineen pysyessä kesällä Suomen yllä pitkään lähes paikoillaan lämpötila voi nousta toistuvasti yli 25 asteen. Viikon hellejakso on yhdellä paikkakunnalla yleinen, muttei kuitenkaan jokakesäinen. Kahden viikon helleputki on jo harvinainen, kun sellainen sattuu keskimäärin kerran 10 vuodessa. Poikkeuksellisesta hellejaksosta voidaan puhua vasta, kun helle kestää vähintään kolme viikkoa. Näin on käynyt vuoden 1961 jälkeen vain vuosina 2003, 2010, 2014 ja 2018.

Taulukossa on pisimmät yhtämittaiset hellejaksot vuodesta 1961 alkaen alkua- ja päättymispäivämäärineen sekä hellejakson kesto vuorokausina.

#### Pisimpia yhtämittaisia hellejaksoja (yli 25 °C)

Vuosi	Hellejakso	Pituus vrk	Havaintoasemat
2014	18.7.-12.8.	26	Helsinki Kumpula
	17.7.-11.8.		Kouvola Utti lentoportintie Hattula Lepaa
2018	12.7.-5.8.	25	Vantaa Helsinki-Vantaan lentoasema
			Helsinki Kumpula Porvoo Harabacka
2003	14.7.-4.8.	22	Porvoo Harabacka
			Heinola Asemantaus Orimattila Käkelä
2010	3.7.-23.7.	21	Kouvola Utti lentoportintie
			Kouvola Anjala